

## Generador de Van der Graaff

El generador de Van der Graaff, GVG, es un aparato utilizado para crear grandes voltajes. En realidad es un electróforo de funcionamiento continuo.

Se basa en los fenómenos de electrización por contacto y en la inducción de carga. Este efecto es creado por un campo intenso y se asocia a la alta densidad de carga en las puntas.

El primer generador electrostático fue construido por Robert Jamison Van der Graff en el año 1931 y desde entonces no sufrió modificaciones sustanciales.

### Existen dos modelos básicos de generador:

\* el que origina la ionización del aire situado en su parte inferior, frente a la correa, con un generador externo de voltaje (un aparato diferente conectado a la red eléctrica y que crea un gran voltaje)

\* el que se basa en el efecto de electrización por contacto. En este modelo el motor externo sólo se emplea para mover la correa y la electrización se produce por contacto. Podemos moverlo a mano con una manivela y funciona igual que con el motor.

Nosotros vamos a construir y a estudiar uno de este último tipo, que coincide con los generadores didácticos que existen en los centros docentes.

En los dos modelos las cargas creadas se depositan sobre la correa y son transportadas hasta la parte interna de la cúpula donde, por efecto Faraday, se desplazan hasta la parte externa de la esfera que puede seguir ganando más y más hasta conseguir una gran carga.

### Descripción

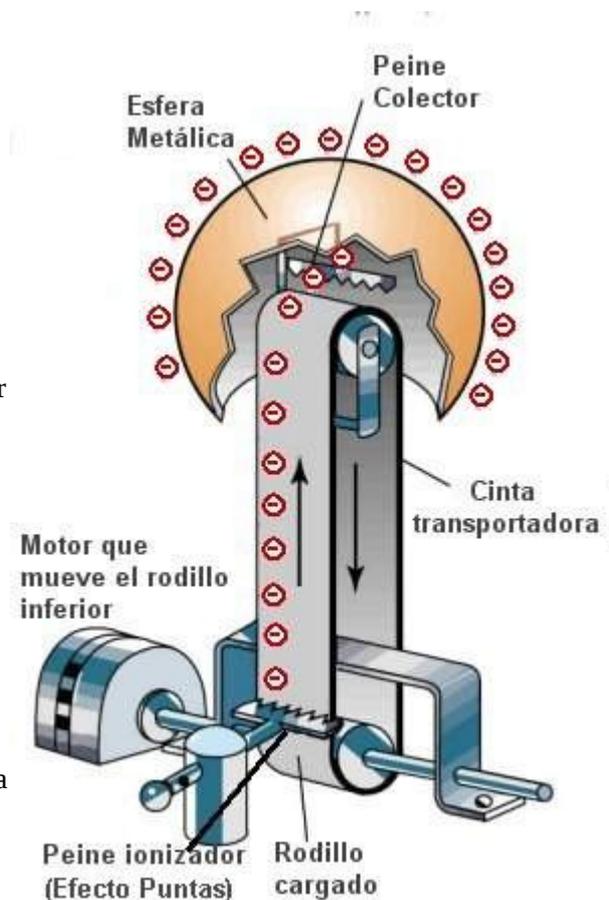
#### Consta de:

- 1.- Una esfera metálica hueca en la parte superior.
- 2.- Una columna aislante de apoyo que no se ve en el diseño de la izquierda, pero que es necesaria para soportar el montaje.
- 3.- Dos rodillos de diferentes materiales: el superior, que gira libre arrastrado por la correa y el inferior movido por un motor conectado a su eje.
- 4.- Dos “peines” metálicos (superior e inferior) para ionizar el aire. El inferior está conectado a tierra y el superior al interior de la esfera.
- 5.- Una correa transportadora de material aislante (el ser de color claro indica que no lleva componentes de carbono que la harían conductora).
- 6.- Un motor eléctrico montado sobre una base aislante cuyo eje también es el eje del cilindro inferior. En lugar del motor se puede poner un engranaje con manivela para mover todo a mano.

### Funcionamiento

Una correa transporta la carga eléctrica que se forma en la ionización del aire por el efecto de las puntas del peine inferior y la deja en la parte interna de la esfera superior.

Veamos el funcionamiento de uno didáctico construido con un rodillo inferior recubierto de moqueta de fibra y el rodillo superior hecho de metal.



El rodillo inferior está fuertemente electrizado (+), por el contacto y separación (no es un fenómeno de rozamiento) con la superficie interna de la correa de caucho. Se electriza con un tipo de carga que depende del material de que está hecho y del material de la correa. Ver escala triboeléctrica.

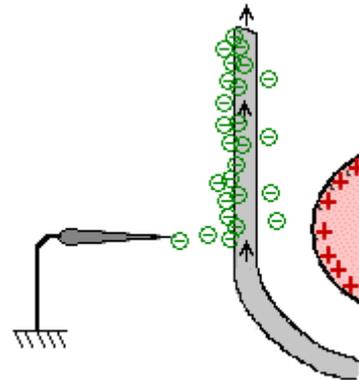
El rodillo induce cargas eléctricas opuestas a las suyas en las puntas del “peine” metálico.

El intenso campo eléctrico que se establece entre el rodillo y las puntas del “peine” situadas a unos milímetros de la banda, ioniza el aire.

Los electrones del peine no abandonan el metal pero el fuerte campo creado arranca electrones al aire convirtiéndolo en plasma.

El aire ionizado forma un plasma conductor -efecto Corona- y al ser repelido por las puntas se convierte en viento eléctrico negativo.

El aire se vuelve conductor, los electrones golpean otras moléculas, las ionizan, y son repelidas por las puntas acabando por depositarse sobre la superficie externa de la correa .



Las cargas eléctricas negativas (moléculas de aire con carga negativa) adheridas a la superficie externa de la correa se desplazan hacia arriba. Frente a las puntas inferiores el proceso se repite y el suministro de carga está garantizado.

La carga del rodillo inferior es muy intensa porque la carga que se forma al rozar queda acumulada y no se retira, mientras que las cargas depositadas en la cara externa de la correa se distribuyen en toda la superficie, cubriéndola a medida que va pasando frente al rodillo. La densidad superficial de carga en la correa es mucho menor que sobre el rodillo.

Por la cara interna de la correa van cargas opuestas a las del cilindro, pero estas no intervienen en los procesos de carga de la esfera.

Recuerda que la correa no es conductora y la carga depositada sobre ella no se mueve sobre su superficie.

### Parte superior

Supongamos que nuestro generador tiene un rodillo de teflón que se carga negativamente por contacto con la correa. Este rodillo repele los electrones que llegan por la cara externa de la correa.

El peine situado a unos milímetros frente a la correa tiene un campo eléctrico inducido por la carga del cilindro y de valor intenso por efecto de las puntas. Las puntas del peine se vuelven positivas y las cargas negativas se van hacia el interior de la esfera.

Un generador de Van der Graaff no funciona en el vacío.

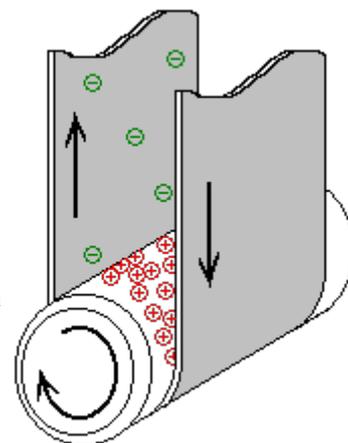
La eficacia depende de los materiales de los rodillos y de la correa.

El generador puede lograr una carga más alta de la esfera si el rodillo superior se carga negativamente e induce en el peine cargas positivas que crean un fuerte campo frente a él y contribuyen a que las cargas negativas se vayan hacia la parte interna de la esfera.

El campo creado en el “peine” por efecto de las puntas ioniza el aire y lo transforma en plasma con electrones libres chocando con moléculas de aire. Las partículas de aire cargadas positivamente se alejan de las puntas (viento eléctrico positivo). Las cargas positivas neutralizan la carga de la correa al chocar con ella. La correa da la vuelta por arriba y baja descargada.

El efecto es que las partículas de aire cargadas negativamente se van al peine y le ceden el electrón que pasa al interior de la esfera metálica de la cúpula que adquiere carga negativa.

Por el efecto Faraday (que explica el por qué se carga tan bien una esfera hueca) toda la carga pasa a la esfera y se repele situándose en la cara externa. Gracias a esto la esfera sigue cargándose hasta adquirir un gran potencial y la carga pasa del peine al interior.



## Principios en que se basa el GVG

Electrización por frotamiento -triboelectricidad- (ver electróforo).

Faraday explicó la transmisión de carga a una esfera hueca. Cuando se transfiere carga a una esfera tocando en su interior, toda la carga pasa a la esfera porque las cargas de igual signo sobre la esfera se repelen y pasan a la superficie externa. No ocurre lo mismo si tratamos de pasarle carga a una esfera (hueca o maciza) tocando en su cara exterior con un objeto cargado. De esta manera no pasa toda la carga.

Inducción de carga. Efecto de las puntas: ionización.

## Trucos para afinar su funcionamiento

Los rodillos y la correa son el alma del generador de Van der Graaff y deben ser de los materiales más adecuados (más separados en la escala triboeléctrica).

Según la combinación de materiales con que se hagan los rodillos inferior, correa y rodillo superior, la esfera se cargará negativa o positivamente.

Si el inferior es de aluminio, el superior de plástico y la correa de caucho sin grafito, la esfera se cargará positivamente. Razónalo observando las cargas que se inducen según la escala triboeléctrica.

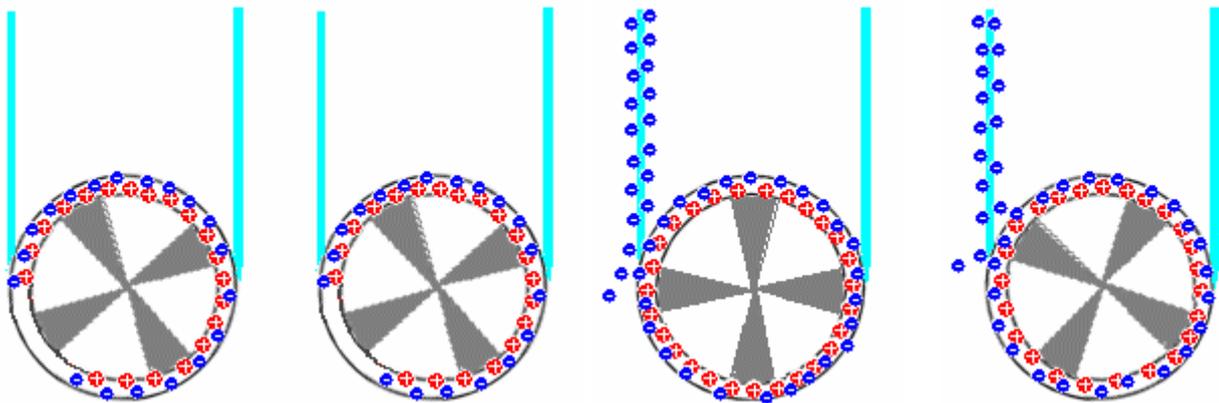
Los rodillos deben ser más anchos por el centro que por los lados (abombados) para que la presión sobre la correa elástica descienda del centro a los lados y haga que esta no escape al girar.

La correa debe ser lo más fina posible para que su propia masa no la abombe al girar y la fuerza centrípeta originada no la impulse hacia los lados haciéndola oscilar.

La cinta debe ser de color claro porque las oscuras tienen carbono y esto las hace conductoras y no aislantes.

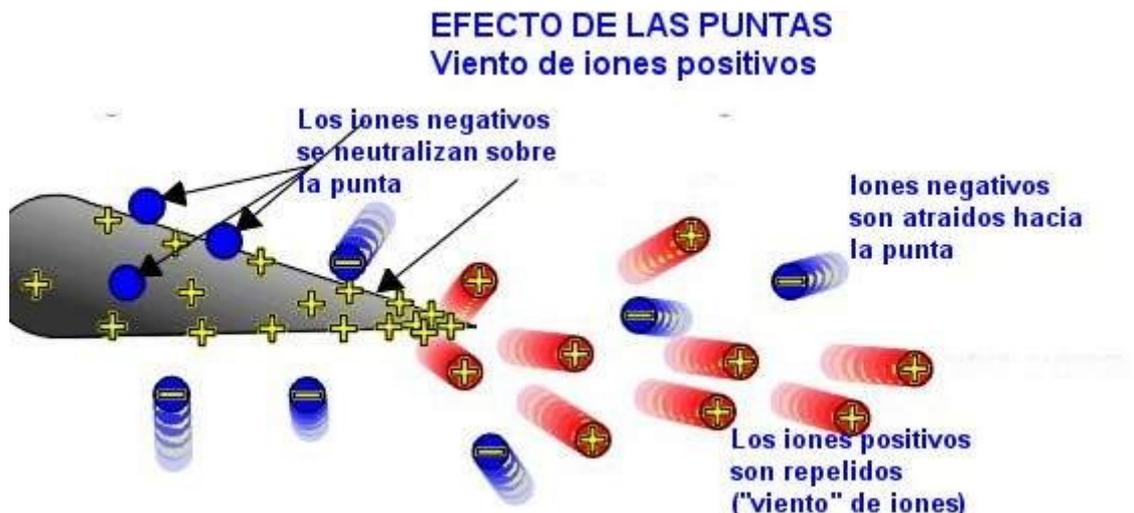
## Animación sobre la carga del GVG

El rodillo inferior del GVG y la correa al ponerse en contacto y separarse se cargan. El rodillo arrastra la correa y con su carga induce la atracción hacia él del aire cargado, viento iónico, que se deposita sobre la correa.



## Efecto de las puntas

Cuando los conductores metálicos terminan en punta se acumula mucha carga en ellas, la densidad de carga es muy alta y en las proximidades se crea un intenso campo que ioniza el aire.



Este efecto fue descubierto por el norteamericano Franklin y en él se basa su invento del pararrayos publicado en 1753 en su famoso "Almanaque del pobre Richard".

Los pararrayos iniciales consistían en una varilla de unos dos metros de largo colocada en la parte alta de los edificios y unida eléctricamente a tierra por medio de un cable conductor. En la punta del pararrayos se ioniza el aire y por esa parte del aire, que conduce mejor que el resto, se desplaza el rayo. Si se produce una descarga la chispa es conducida a tierra a lo largo del cable.

Parece ser que Franklin lanzó una cometa de seda, con una punta metálica en la parte más alta, unida a un cordel también de seda. Del cordel colgaba una llave. Para conocer el relato de su experiencia pulsa aquí.

No es muy conveniente repetir la experiencia de Franklin por el peligro de ser alcanzados por el rayo. Las puntas cargadas positivamente producen viento eléctrico positivo.

Las puntas cargadas negativamente producen viento eléctrico negativo. Pulsa aquí para ver una animación.

### Escala triboeléctrica

En realidad la palabra "tribo" significa rozar, pero la electrización no es un fenómeno de rozamiento, es un fenómeno de contacto.

Se puede escribir una escala triboeléctrica basada en la carga que adquieren los distintos materiales al ponerse en contacto y rozar unos con otros. Se ordenan de manera que puestos en contacto y separados dos materiales descargados, aquel que se lleve más electrones quedará cargado

#### Materiales más positivos

aire  
vidrio pulido  
fibra sintética  
piel de conejo  
mica  
lana  
piel de gato  
plomo  
aluminio  
papel

#### Materiales neutros

algodón    azufre  
papel      vidrio sin pulir  
ebonita    acetato(celuloide)  
acero      poliéster  
madera    poliuretano  
caucho    polipropileno  
resina     vinilo (PVC)  
cobre      silicona  
níquel  
plata

#### Materiales más negativos

teflón

Los materiales están más próximos al extremo más **negativo**, tienen propensión a adquirir **carga eléctrica negativa** al rozar con materiales situados encima de ellos.

Los materiales más próximos al extremo más **positivo** tienen tendencia a adquirir **carga eléctrica positiva** al rozar con los situados debajo de ellos.

Para adquirir una carga máxima los materiales puestos en contacto debe estar lo más apartados posible el uno del otro en esta lista.

### El electróforo

Podemos lograr fenómenos de electrización frotando un material con otro: en esto consiste la triboelectricidad. En realidad la electrización no es un problema de rozamiento como quiere indicar el prefijo tribo (rozar), es un problema de contacto y de posterior separación que no está causado por el rozamiento.

El electróforo es un aparato muy simple que consiste en un disco metálico unido a un mango aislante. Se usa para separar cargas de la materia neutra. Una vez cargado, si tocamos con él a un objeto aislado podemos traspasarle su carga..

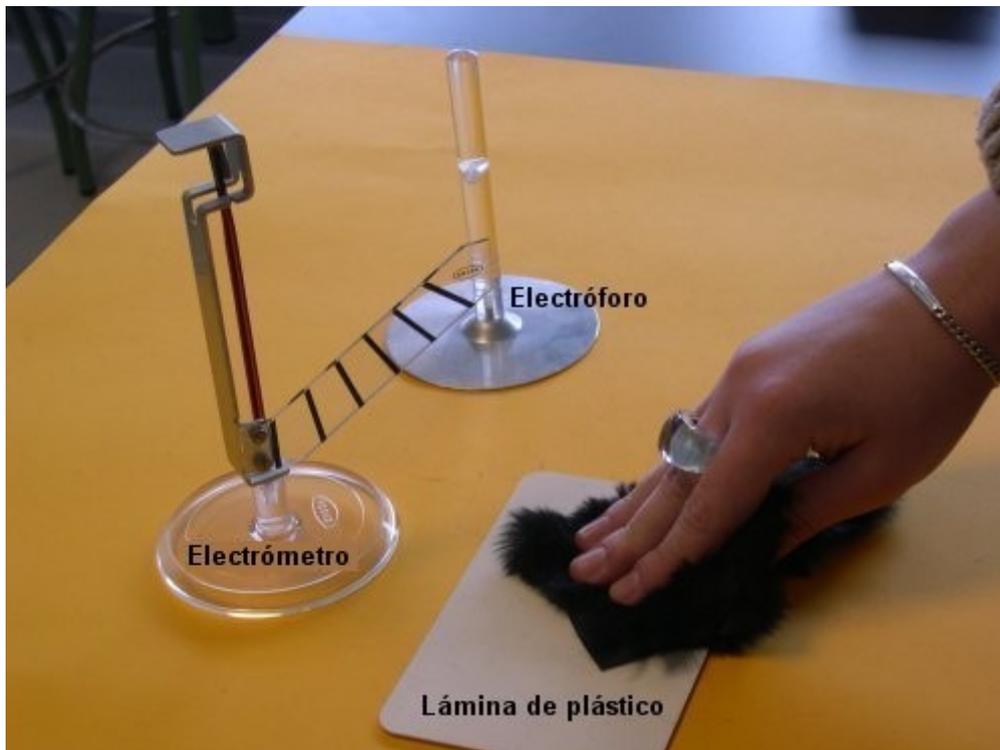
### Este es el proceso de carga:

Si frotamos con una piel de gato una lámina de plástico inicialmente neutra (con igual número de cargas positivas y negativas), la lámina se carga.

Debajo de la lámina de plástico podemos situar una lámina de metal (aluminio) que actúa potenciando los efectos. Si recuerdas los condensadores lo podrás entender pero no es absolutamente necesario en este caso.

Las cargas negativas (algunos electrones de la piel de gato), pasan a la lámina de plástico que queda cargada negativamente.

Acercamos entonces el electróforo a la lámina de plástico hasta ponerlo en contacto con ella. En ese momento las cargas de la superficie de la lámina reordenan la carga del disco metálico: atraen a las cargas positivas y repelen a las negativas, quedando las negativas por arriba.



Si tocamos con un dedo la superficie metálica superior del electróforo, como nuestro cuerpo es un gran condensador, atrapamos todas las cargas negativas y sólo quedan las positivas en el electróforo.

¡El electróforo queda cargado positivamente!

Hemos logrado sacar carga de la materia e incluso podemos moverla.

Con el electróforo podemos pasar carga a un electrómetro.

El electrómetro consiste en dos varillas metálicas una de las cuales puede oscilar. Cuando se toca su parte superior con un objeto cargado, la carga se reparte por las varillas y estas se repelen por tratarse de cargas del mismo signo. El ángulo de separación de las varillas nos da una medida del potencial del cuerpo cargado (de la carga).

**El electrómetro es un electroscopio** al que se le ha añadido una escala para poder comparar el ángulo de separación de la varilla producido por diferentes cargas.

Tocamos con el electróforo la parte superior del electrómetro y queda cargado y su varilla móvil se separa (gira).

La ELECTROSTÁTICA es la rama de la Física que estudia las fuerzas y campos de estas cargas.

### CHISPAS

Si acercamos el electrómetro cargado a una lámpara de destello ésta se ilumina debido al alto voltaje del campo en sus proximidades.

También podemos lograr que salte una chispa al acercar distintos cuerpos.

Entre un cuerpo cargado y otro unido a tierra puede saltar una chispa

¿Has experimentado el fenómeno de ver como del pomo de una puerta a tu mano salta una chispa después de caminar por una moqueta?. ¿Alguna vez, un día seco al sacar una camiseta acrílica, has oído un chasquido y visto de reojo en un espejo una chispa azul que salta en tu espalda?.

En todos los fenómenos anteriores hemos logrado sacar electricidad de la materia.

### Electroscopio

El electroscopio lo construimos con una botella, un corcho, un alambre, y una cinta de papel de aluminio colgada en el alambre que atraviesa el corcho.

La carga se transmite tocando en el alambre doblado encima del tapón. Desde el alambre pasa a las tiras de aluminio y hace que se separen.

El alambre que penetra en el interior debe ser corto para que la tira de aluminio cuelgue lo máximo posible.

Nuestros aparatos han funcionado tan bien como los comerciales y ....

¡Con ellos hemos sacado electricidad de la materia y hemos movido la carga a otro lugar!



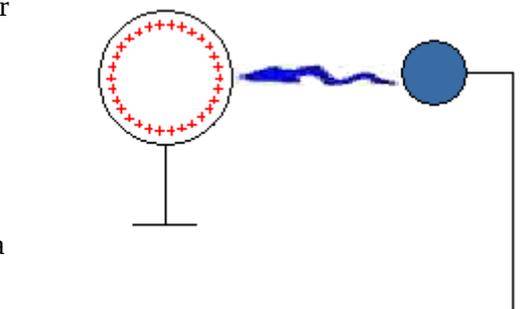
### Programa

Con este sencillo programa escrito por nosotros en Visual Basic, visualizamos la descarga de una esfera. La esfera cargada y aislada genera un campo eléctrico en sus alrededores, tanto mayor cuando mayor sea su carga, que da lugar a que salte una chispa al acercar un objeto.

Estas chispa son semejantes a las que saltan de la esfera del Generador de Van der Graff cuando acercamos un objeto.

Este campo puede ionizar las moléculas de aire al arrancarles electrones y el aire se vuelve conductor. Una cascada de electrones dan lugar a una chispa que salta entre la esfera cargada y otra unida a Tierra.

En el programa puedes variar la carga y comprobar que, según como sea ésta, la chispa salta a distintas distancias. Pulsa aquí para lanzar el programa.



## El Generador de Van der Graff didáctico del Instituto

El modelo que manejamos tenía el rodillo inferior metálico y el superior de plástico y así funcionaba mal.

Hemos sustituido el superior por un rodillo de teflón y el inferior por uno más grande de madera recubierto con papel de aluminio. Un rodillo mayor produce una mayor velocidad de la correa lo que supone una mayor velocidad de carga.

Una correa ligera carga menos el motor y por lo tanto le permite girar a mayor velocidad.

El rodillo de aluminio se carga positivamente y entre la puntas y el rodillo se induce un campo electrostático.

Las puntas metálicas, en ese campo y conectadas a tierra ionizan el aire situado frente a la correa.

Las moléculas de aire cargadas negativamente son empujadas hacia la correa y suben por la cara exterior



El rodillo superior de teflón, al entrar en contacto con la correa y separarse, se carga negativamente, e induce en las puntas del peine situadas más allá de la correa un aumento del campo eléctrico añadido al de las puntas

El aire próximo a las puntas se ioniza.

El efecto resultante hace que las cargas positivas de las punta pasen a la correa y, como resultado de ello, la esfera o cúpula superior que está conectada por su base interna a estas puntas, quedará cargada negativamente.



La esfera o cúpula superior metálica debe tener estas características: ser de forma esférica y tener los bordes en que termina el hueco interno doblados hacia el interior.

El tornillo de la parte superior es el que fija la esfera al soporte central del GVG y debe ser de plástico para evitar que se produzca el efecto de las puntas en los bordes, como ocurriría con un tornillo metálico, ya que esto haría que la esfera se descargase.

Acercando una lámpara de destello, aún sin tocar la esfera, se ilumina.

La parte iluminada en la lámpara de destellos se localiza hacia la parte de la esfera lo que nos indica que la esfera está cargada negativamente.



Una lámpara de destello conectada a un generador de corriente alterna, en la que el campo varíe rápidamente, se ilumina en los electrodos centrales sin desplazarse el destello hacia ningún lado. En un campo de polarización fija, la lámpara de destello se ilumina hacia el polo negativo.

Este es el GVG del Centro después de la correcciones que le hizo el experto en Generadores de Van der Graff, profesor y colega Adolf Cortel de Cataluña. Él fue capaz de hacerlo funcionar de maravilla a pesar de la humedad del aire en Galicia. Gracias a su amabilidad pudimos jugar con nuestro generador y aprender muchas cosas con él.

